



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 中心貫通孔を有する絶縁碍子と、前記中心貫通孔に保持され前記絶縁碍子の下端面から下方に突出するようにされた中心電極と、前記絶縁碍子を保持する主体金具と、その主体金具に一端が接合され他端が前記中心電極の先端面に対向するように配設された平行接地電極とを備え、前記平行接地電極と前記中心電極の先端面とにより主気中ギャップ（A）を形成したスパークプラグにおいて、前記主体金具に一端が接合され他端が前記中心電極の側周面若しくは前記絶縁碍子の側周面に対向するように配設された単数若しくは複数のセミ沿面接地電極を備え、前記セミ沿面接地電極の他端の端面と、この端面と対向する前記中心電極の側周面との間にセミ沿面ギャップ（B）が形成されており、かつ、前記セミ沿面接地電極の端面と、この端面と対向する前記絶縁碍子の側周面との間にセミ沿面碍子ギャップ（C）が形成されており、前記絶縁碍子の下端面の高さ位置と、前記セミ沿面接地電極の端面の上端縁の高さ位置との段差Eは、 $E \leq +0.7$ （単位はmm、また、+はセミ沿面接地電極の端面の上端縁が絶縁碍子の下端面から下に離れる方向を意味する）であり、前記セミ沿面ギャップ（B）の距離Bが前記主気中ギャップ（A）の距離Aより大であり、前記セミ沿面接地電極の端面及び前記絶縁碍子を前記絶縁碍子の中心軸に沿って切断した場合に、前記絶縁碍子の前記下端面を示す線を外方へ延長した第1の延長線と、前記絶縁碍子のセミ沿面ギャップ（B）部近傍の側周面を示す線を前記下端面の方向へ延長した第2の延長線と、前記セミ沿面接地電極の端面を示す線を下方へ延長した第3の延長線とを描いた場合に、前記第1および第2の延長線の交点から前記第1および第3の延長線の交点までの距離（以下、セミ沿面碍子ギャップ（C）の距離Cと称する）が前記主気中ギャップ（A）の距離Aより小であることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項2】 前記主気中ギャップ（A）の距離A、前記セミ沿面ギャップ（B）の距離B及び前記セミ沿面碍子ギャップ（C）の距離Cは、 $A \leq (0.8(B-C) + C)$ （単位はmm）であることを特徴とする請求項1記載のスパークプラグ。

【請求項3】 前記セミ沿面ギャップ（B）の距離Bが  $B \leq 2.2$  であり（単位はmm、以下同じ）、前記セミ沿面碍子ギャップ（C）の距離Cが  $0.4 \leq C \leq (A - 0.1)$  であること（Aは主気中ギャップ（A）の距離）を特徴とする請求項1または2記載のスパークプラグ。

【請求項4】 前記絶縁碍子の下端面の高さ位置と、前記セミ沿面接地電極の端面の上端縁の高さ位置との段差Eは、 $E \leq +0.5$  であること（単位はmm、また、+はセミ沿面接地電極の先端面の上端縁が絶縁碍子の下端面から下に離れる方向を意味する）を特徴とする請求項

1ないし3のいずれかに記載のスパークプラグ。

【請求項5】 前記段差Eは、 $E \leq -0.7$  であること（単位はmm）を特徴とする請求項4記載のスパークプラグ。

【請求項6】 前記中心電極の前記絶縁碍子の下端面からの突き出し量Hは、 $1.0 \leq H \leq 4.0$  であること（単位はmm、以下同じ）を特徴とする請求項1ないし5のいずれかに記載のスパークプラグ。

【請求項7】 前記中心電極の先端径は前記絶縁碍子の下端面から突き出した根本部分に比べて縮径されており、先端部分の中心電極先端径D1は  $0.4 \leq D1 \leq 1.6$  であり（単位はmm、以下同じ）、絶縁碍子の下端面における中心電極元径D2は、 $(D1 + 0.3) \leq D2$  であることを特徴とする請求項1ないし6のいずれかに記載のスパークプラグ。

【請求項8】 前記中心電極元径D2は、 $2.0 \leq D2$  であること（単位はmm、以下同じ）を特徴とする請求項7記載のスパークプラグ。

【請求項9】 前記中心電極の先端部が、白金合金、イリジウム合金等の融点が1600℃以上の貴金属により構成されていることを特徴とする請求項1ないし8のいずれかに記載のスパークプラグ。

【請求項10】 前記セミ沿面接地電極は、直棒状であって、前記主体金具の下端面にこのセミ沿面接地電極の側面が接合されていることを特徴とする請求項1ないし9のいずれかに記載のスパークプラグ。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の着火装置として用いられるスパークプラグに関する。

**【0002】**

【従来の技術】従来のスパークプラグは、絶縁碍子の下端面から下方に突出するようにされた中心電極と、この中心電極に対向して配設され一端が主体金具に接合された平行接地電極とを備え、中心電極と平行接地電極との間の気中ギャップに火花放電させて燃料混合ガスに着火するものが一般的である。また、気中ギャップでの着火性を向上させるため、特開平5-326107号公報及び特開平7-130454号公報には、中心電極の端面に対向する平行接地電極の他に、中心電極の側周面に対向した補助接地電極を設けたものが提案されている。これらの補助接地電極は補助接地電極と中心電極との間のギャップに飛火させることが目的ではなく、補助接地電極の存在により平行接地電極と中心電極の間の電界分布を改善し、より低い放電電圧で平行接地電極と中心電極の間のギャップに飛火させ着火性を向上させようとするものである。このため、これらのスパークプラグは構造的に見て、補助接地電極の端面の端縁が必ずしも絶縁碍子の下端面の近傍に位置するものではなかった。さらに、特開平9-199260号公報には、中心電極の端

面に対向する平行接地電極の他に、絶縁碍子の下端面の近傍に補助接地電極を設けたものが提案されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開平5-326107号公報及び特開平7-130454号公報に記載の従来のスパークプラグはいずれも、いわゆる「くすぶり」に弱いという問題点があった。内燃機関が所定温度で所定回転数以上で回っている定常運転時は、スパークプラグの絶縁碍子の下方部分である脚長部は適度に焼け、燃焼室内部の絶縁碍子の下端面近傍の表面温度は500℃程度に上昇する。このため、絶縁碍子の表面に付着したカーボンは焼き淨められて絶縁碍子の表面は清浄に保たれる。このため「くすぶり」は生じない。しかしながら、内燃機関の温度が極端に低く、回転数も低い低負荷の場合は、絶縁碍子の表面の温度が上らず絶縁碍子の表面に燃焼によるカーボンが付着蓄積して、いわゆる「くすぶり」の状態になる。これがさらに進むと、中心電極と接地電極との絶縁が低下して火花放電が不能になり、エンジンストールにいたる。また、上記特開平9-199260号公報記載の従来のスパークプラグは、平行接地電極若しくは補助接地電極から中心電極までの距離（主空中ギャップ若しくはセミ沿面ギャップ）、及び補助接地電極の端面から絶縁碍子の側周面までの距離（セミ沿面碍子ギャップ）の関係は明らかにされていない。

【0004】さらに、特開昭59-71279号公報には絶縁碍子の側周面に対向して接地電極を配設したセミ沿面プラグが開示されている。このプラグでは、火花が絶縁碍子の表面に沿って走るため絶縁碍子の表面に付着したカーボンは焼き切れ、「くすぶり」の問題はあまり生じない。しかし、火花が絶えず絶縁碍子の表面に沿って走るため絶縁碍子表面が火花による損傷を受ける、いわゆる「チャネリング」の問題が生じる。このため、スパークプラグの寿命が短いという問題点があった。

【0005】そこで、本発明は、「くすぶり」に強く、かつ、長寿命で着火性にも優れたスパークプラグを提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明のうち請求項1記載の発明は、中心貫通孔を有する絶縁碍子と、前記中心貫通孔に保持され前記絶縁碍子の下端面から下方に突出するようにされた中心電極と、前記絶縁碍子を保持する主体金具と、その主体金具に一端が接合され他端が前記中心電極の先端面に対向するように配設された平行接地電極とを備え、前記平行接地電極と前記中心電極の先端面とにより主空中ギャップ（A）を形成したスパークプラグにおいて、前記主体金具に一端が接合され他端が前記中心電極の側周面若しくは前記絶縁碍子の側周面に対向するように配設された単数若しくは複数のセミ沿面接地電極を備え、前記セミ沿

面接地電極の他端の端面と、この端面に対向する前記中心電極の側周面との間にセミ沿面ギャップ（B）が形成されており、かつ、前記セミ沿面接地電極の端面と、この端面に対向する前記絶縁碍子の側周面との間にセミ沿面碍子ギャップ（C）が形成されており、前記絶縁碍子の下端面の高さ位置と、前記セミ沿面接地電極の端面の上端縁の高さ位置との段差Eは、 $E \leq +0.7$ （単位はmm、また、+はセミ沿面接地電極の端面の上端縁が絶縁碍子の下端面から下に離れる方向を意味する）であり、前記セミ沿面ギャップ（B）の距離Bが前記主空中ギャップ（A）の距離Aより大であり、前記セミ沿面接地電極の端面及び前記絶縁碍子を前記絶縁碍子の中心軸に沿って切断した場合に、前記絶縁碍子の前記下端面を示す線を外方へ延長した第1の延長線と、前記絶縁碍子のセミ沿面ギャップ（B）部近傍の側周面を示す線を前記下端面の方向へ延長した第2の延長線と、前記セミ沿面接地電極の端面を示す線を下方へ延長した第3の延長線とを描いた場合に、前記第1および第2の延長線の交点から前記第1および第3の延長線の交点までの距離（以下、セミ沿面碍子ギャップ（C）の距離Cと称する）が前記主空中ギャップ（A）の距離Aより小であることを特徴とする。ここで、スパークプラグの上下位置関係は中心電極の先端面が下となるようにして記載した。

【0007】このように形成すると、セミ沿面ギャップ（B）の距離Bより主空中ギャップ（A）の距離Aの方が小さい（ $A < B$ ）から、「くすぶり」の状態ではない正常時には、平行接地電極との間の主空中ギャップ（A）で火花放電が生じる。ここで、主空中ギャップ（A）の距離Aよりセミ沿面碍子ギャップ（C）の距離Cは小さく（ $C < A$ ）、かつ、絶縁碍子の下端面の高さ位置と、セミ沿面接地電極の端面の上端縁の高さ位置との段差Eは、 $E \leq +0.7$ （単位はmm）である。従って、絶縁碍子の下端面が燃焼により生じたカーボンにより汚損された「くすぶり」の状態になると、セミ沿面接地電極の端縁と中心電極の側周面の間に、絶縁碍子の下端面の沿面を経由して火花放電が生じる（以下、セミ沿面放電と称する）。セミ沿面放電の火花はセミ沿面碍子ギャップ（C）を飛んだ後、絶縁碍子の表面に沿って走る。何回かセミ沿面放電を繰り返すと絶縁碍子の下端面に堆積したカーボンが焼き切られて絶縁碍子の表面は清浄な状態に戻り、再び絶縁碍子表面の絶縁が回復して「くすぶり」が解消され、火花放電はセミ沿面ギャップ（B）から主空中ギャップ（A）に戻る。

【0008】従って、この発明は次の効果を奏する。この発明のスパークプラグでは、殆どの時間において平行接地電極との間の主空中ギャップ（A）で火花放電が生じ、絶縁碍子の表面がカーボンにより汚損された「くすぶり」の状態の時にのみセミ沿面接地電極との間のセミ沿面ギャップ（B）でセミ沿面放電が生じて燃焼室の混

合ガスに着火する。殆どの時間を主気中ギャップ (A) での火花放電で混合ガスに着火するから着火性に優れる。また、セミ沿面放電は絶縁碍子の表面に堆積したカーボンを焼き切る自己清浄作用を備えるから、このスパークプラグは「くすぶり」に極めて強い。さらに、セミ沿面放電が生じる頻度は低くその放電時間が極く短時間で終了するから火花による「チャネリング」の作用は弱くなり、チャネリングは殆ど発生しない。このため、このスパークプラグの寿命は十分に長い。

【0009】ここで、請求項2記載の発明のように、前記主気中ギャップ (A) の距離A、前記セミ沿面ギャップ (B) の距離B及び前記セミ沿面碍子ギャップ (C) の距離Cは、 $A \leq (0.8(B-C) + C)$  (単位はmm) であることを特徴とすることができる。このように形成すると、スパークプラグが「くすぶり」の状態ではない正常時において、主気中ギャップ (A) での飛火率が50%以上となる。従って、正常時には主気中ギャップ (A) で飛火することとなり、着火性やチャネリングの面で有利になる。

【0010】ここで、請求項3記載の発明のように、前記セミ沿面ギャップ (B) の距離Bが $B \leq 2.2$  (単位はmm、以下同じ)、前記セミ沿面碍子ギャップ (C) の距離Cが $0.4 \leq C \leq (A - 0.1)$  であること (Aは主気中ギャップ (A) の距離) を特徴とすることができる。このように形成すると、絶縁碍子の表面が「くすぶり」の状態になった時にセミ沿面接地電極と中心電極の間で、より確実に、セミ沿面放電を生じさせることができる。セミ沿面ギャップ (B) の距離Bが2.2mmより大きいと、セミ沿面接地電極と中心電極の間で放電が生ぜず中心電極と主体金具の絶縁碍子取り付け部付近との間で絶縁碍子の脚長部表面に沿って放電する、いわゆるフラッシュオーバーが発生する確率が高くなる。また、セミ沿面碍子ギャップ (C) の距離Cが0.4mmより小さいとセミ沿面接地電極と絶縁碍子の間にカーボンによるブリッジが生じ放電不能になる確率が高くなる。一方、前記セミ沿面碍子ギャップ (C) の距離Cが主気中ギャップ (A) の距離Aの0.1mmより大きくなると、「くすぶり」時においても、セミ沿面接地電極との間のセミ沿面碍子ギャップ (C) で放電するより、平行電極との間の主気中ギャップ (A) で放電してしまう確率が高くなる。

【0011】ここで、請求項4記載の発明のように、前記絶縁碍子の下端面の高さ位置と、前記セミ沿面接地電極の端面の上端縁の高さ位置との段差Eは、 $E \leq +0.5$  であること (単位はmm、また、+はセミ沿面接地電極の端面の上端縁が絶縁碍子の下端面から下に離れる方向を意味する) を特徴とすることができる。このように形成すると、セミ沿面放電の火花による絶縁碍子表面の火花清浄作用を効果的に維持することができる。絶縁碍子の下端面の高さ位置とセミ沿面接地電極の端面の端縁

の高さ位置との段差Eが+0.5mmより大きいと、セミ沿面放電の火花が絶縁碍子の下端面に密着せず、絶縁碍子表面の火花清浄作用の効果が低下する。なお、この段差Eが、一方向 (即ち、セミ沿面接地電極の端面の上端縁が絶縁碍子の下端面から上に離れる方向) に拡大していった場合には、平行接地電極を持たないスパークプラグでは放電電圧の増大をきたす場合がある。しかし、本発明のように平行接地電極を併せ持つプラグでは、この平行接地電極により正常時における放電電圧が決定されるため上述のような放電電圧の増大はない。また、この場合にはセミ沿面接地電極の断面積を3mm<sup>2</sup>以下にすると良い。このように形成することによって、セミ沿面碍子ギャップ (C) において、低温始動時のブリッジの発生を抑制することができる。

【0012】ここで、請求項5記載の発明のように、前記段差Eは、 $E \leq -0.7$  であること (単位はmm) を特徴とすることができる。このように形成すると、セミ沿面放電の火花による絶縁碍子表面の火花清浄作用をさらに効果的に維持することができる。

【0013】ここで、請求項6記載の発明のように、前記中心電極の前記絶縁碍子の下端面からの突き出し量Hは、 $1.0 \leq H \leq 4.0$  であること (単位はmm、以下同じ) を特徴とすることができる。このように形成すると、セミ沿面放電による中心電極の電極消耗を小さく抑制することができる。また、平行接地電極との間の主気中ギャップ (A) での火花放電による着火性と、セミ沿面接地電極のセミ沿面放電による着火性との乖離を小さくすることができ、放電電極の変化に伴う着火性の変化による内燃機関のトルク変動を極力抑制することができる。中心電極の突き出し量Hが1.0mmより小さいと中心電極側面の電極消耗が大きくなる。一方、中心電極の突き出し量Hが4.0mmより大きいとセミ沿面放電による着火性が主気中ギャップ (A) での着火性に比べて低下し、両者の着火性が乖離して好ましくない。また、中心電極の温度が高くなり過ぎ、ブレイグニッションを生ずる確率が高くなる。なお、着火性の乖離を更に少なくし、また、中心電極の温度上昇を更に抑えるためには、 $H \leq 2.0$  であることが望ましい。

【0014】ここで、請求項7記載の発明のように、前記中心電極の先端径は前記絶縁碍子の下端面から突き出した根本部分に比べて縮径されており、先端部分の中心電極先端径D1は $0.4 \leq D1 \leq 1.6$  であり (単位はmm、以下同じ)、絶縁碍子の下端面から突き出した根本部分の中心電極元径D2は、 $(D1 + 0.3) \leq D2$  であることを特徴とすることができる。このように中心電極の先端径D1を小径にすると、中心電極と平行接地電極との放電電圧が低くなり主気中ギャップ (A) での着火性が向上する。中心電極先端径D1が0.4mmより小さくなると、中心電極の先端部に貴金属を用いても火花による消耗が大きくなり実用的でない。また、中心

電極先端径D1が1.2mmより大きくなると放電電圧低下の作用が顕著でなくなる。また、根本部分の中心電極元径D2を中心電極先端径D1より太くしておくとし「くすぶり」時にセミ沿面ギャップ(B)で飛火し易くなり、正常時には主気中ギャップ(A)で飛火し易くなる。さらに、中心電極元径D2がある程度太いと熱引きの作用が良くなり、中心電極の先端部の過熱を防止する。中心電極元径D2が(D1+0.3)mm以上になると上記の効果があると考えられる。

【0015】ここで、請求項8記載の発明のように、前記中心電極元径D2は、 $2.0 \leq D2$ であること(単位はmm、以下同じ)を特徴とすることができる。このように中心電極元径を太く形成することによって、中心電極の先端部の過熱を更に効果的に防止することができると共に、セミ沿面ギャップ(B)において放電した場合における中心電極の消耗を抑制することができる。また、中心電極元径D2を太くすることで電界の集中が緩和されることから、正常時におけるセミ沿面ギャップ(B)への火花発生割合を低減することができる。なお、中心電極に使用する材料として、ニッケルを主成分とするものが望ましく、この含有量は85重量%以上からなる良熱伝導性合金であることが更に望ましい。このようにニッケル含有量を多くすることによって熱引きが更に良くなるとともに、セミ沿面ギャップ(B)において放電した場合における中心電極の消耗を更に抑制することができる。また、セミ沿面ギャップ(B)を一定にした場合に、主気中ギャップ(A)を広くしていくと、セミ沿面ギャップ(B)における放電が多くなる。中心電極の消耗を考えると太くするほど望ましいが、主気中ギャップ(A)の大きさにも関係するものと考えられる。現状においてこの両者の関係は明確ではないが、中心電極元径D2は主気中ギャップ(A)の距離Aの2倍程度以上に設定することが望ましい。

【0016】ここで、請求項9記載の発明のように、前記中心電極の先端部が、白金合金、イリジウム合金等の融点が1600℃以上の貴金属により構成されていることを特徴とすることができる。このように形成すると、中心電極の火花放電に対する耐摩耗性が向上し、スパークプラグの寿命が長くなる。この場合には特に上述したニッケル含有量を85重量%以上の中心電極材料を用いることが望ましい。これによって中心電極先端部の熱引きを確保し、特に高温における酸化消耗が多いイリジウム合金の温度を下げるため、貴金属の消耗に非常に有利になる。

【0017】ここで、請求項10記載の発明のように、前記セミ沿面接地電極は、直棒状であって、前記主体金具の下端面にこのセミ沿面接地電極の側面が接合されていることを特徴とすることができる。セミ沿面接地電極は、絶縁碍子の下端面近傍に位置するため、絶縁碍子の主体金具下端面からの出寸法が少ない場合には、以下の

ような問題を生ずる場合がある。即ち、主体金具下端面のセミ沿面接地電極を溶接等によって接合しているが、その接合部の極く近傍において中心電極側に向けて略し字状に折り曲げる必要がある。このため、曲げる部分の曲率を小さくせざるを得ず、折れや割れ等の製造上の不具合を生ずる場合がある。従って、本発明のように形成することで、このような問題点を解消することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態について図面を参照し説明する。図1は第1の実施の形態に係るスパークプラグの部分断面図である。周知のように、アルミナ等からなる絶縁碍子1は、その上部に沿面距離を稼ぐためのコルゲーション1Aを、下部に内燃機関の燃焼室に曝される脚長部1Bを備え、その軸中心には中心貫通孔1Cを備えている。中心貫通孔1Cの下端には、インコネル等のニッケル合金からなる中心電極2が保持され、中心電極2は絶縁碍子1の下端面から下方に突出するようにされている。中心電極2は中心貫通孔1Cの内部に設けられたセラミック抵抗3を経由して上方の端子ナット4に電気的に接続されている。端子ナット4には図示しない高圧ケーブルが接続され高電圧が印加される。上記絶縁碍子1は主体金具5に囲まれ支持されている。主体金具5は低炭素鋼材で形成され、スパークプラグレンチと嵌合する六角形部5Aと、ねじ部5Bとを備えている。主体金具5はそのかしめ部5Cにより絶縁碍子1にかしめられ、主体金具5と絶縁碍子1が一体にされる。かしめによる密閉を完全なものとするため、主体金具5と絶縁碍子1との間に板状のパッキング部材6とワイヤ状のシール部材7、8が介在され、シール部材7、8の間にはタルク(滑石)9の粉末が充填されている。また、ねじ部5Bの上端にはガスケット10が嵌挿されている。

【0019】主体金具5の下端にニッケル合金からなる平行接地電極11が溶接により接合されている。平行接地電極11は中心電極2の先端面と軸方向に対向し、中心電極2と平行接地電極11とで主気中ギャップ(A)を形成している。ここまでは従来のスパークプラグと同じである。この実施の形態に係るスパークプラグでは平行接地電極11とは別に、2本のセミ沿面接地電極12、12を備えている。セミ沿面接地電極12はニッケル合金からなり、その一端が主体金具5の下端に溶接により接合され、他端の端面12Cが中心電極2の側周面2A若しくは脚長部1Bの側周面1Eに対向するように配設されている。2本のセミ沿面接地電極12はそれぞれ平行接地電極11から90°ずれた位置に配設され、セミ沿面接地電極12どうしは180°ずれた位置に配設されている。各セミ沿面接地電極12の端面12Cと中心電極12の側周面2Aとの間でセミ沿面ギャップ(B)をそれぞれ形成しており、各セミ沿面接地電極1

2の端面12Cと脚長部1Bの側周面1Eとの間でセミ沿面碍子ギャップ(C)をそれぞれ形成している。

【0020】図2(a)はスパークプラグの中心電極2、平行接地電極11、セミ沿面接地電極12の近傍を拡大して示す部分断面図であり、図2(b)はセミ沿面接地電極12を拡大して示す説明図である。中心電極2の先端面と平行接地電極11との間の主気中ギャップ

(A)の距離をA、中心電極2の側周面2Aとセミ沿面接地電極12の端面12Cとの間のセミ沿面ギャップ

(B)の距離をB、セミ沿面接地電極12と絶縁碍子1を中心軸30に沿って切断了場合には、絶縁碍子1の下端面1Dを示す線を外方へ延長した第1の延長線31と、絶縁碍子1のセミ沿面ギャップ(B)部近傍の側周面1Eを示す線を下端面1Dの方向へ延長した第2の延長線32と、セミ沿面接地電極12の端面12Cを示す線を下方へ延長した第3の延長線33とを描き、第1の延長線31および第2の延長線32の交点P1から、第1の延長線31および第3の延長線33の交点P2までの距離をセミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cとする

と、 $A < B$ 、 $C < A$ の関係がある。このように設定することにより、絶縁碍子1の表面の絶縁が高い正常時には平行接地電極11との間の主気中ギャップ(A)で放電させ、絶縁碍子1の表面の絶縁が低下した「くすぶり」時にはセミ沿面接地電極12との間のセミ沿面ギャップ

(B)で放電させることができる。絶縁碍子1の下端面1Dとセミ沿面接地電極12の端面12Cの上端縁12Bとの段差をE、絶縁碍子1の主体金具5の下端面5Dからの突き出し量をF、中心電極2の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量をHとする。また、本実施の形態では絶縁碍子1の突き出し量Fは3.0mmとし、中心電極2の元径D2を2.0mmとした。なお、セミ沿面接地電極12には、幅が2.2mmで厚さが1.3mmのものをを用いており、平行接地電極11には、幅が1.5mmで厚さが2.8mmのものをを用いている。また、平行接地電極11は、その先端部の温度を低減させ、火花消耗を抑えるために銅芯入りのものをを用いても良い。

【0021】絶縁碍子1の下端面1Dの高さ位置と、セミ沿面接地電極12の端面12Cの上端縁12Bの高さ位置との段差Eには、セミ沿面接地電極12の高さ位置により、図2(a)に示すようにセミ沿面接地電極12の上端縁12Bおよび下端縁12A(図2(b))が絶縁碍子1の下端面1Dよりも上方にある場合と、図3に示すようにセミ沿面接地電極12の上端縁12Bのみが絶縁碍子1の下端面1Dよりも上方にある場合と、図4に示すようにセミ沿面接地電極12の上端縁12Bが絶縁碍子1の下端面1Dよりも下方にある場合との3つの場合がある。いずれにしても、セミ沿面接地電極12の端面12Cの上端縁12Bおよび下端縁12Aの一方が、絶縁碍子1の下端面1Dの近傍の高さ位置にあることが好ましい。すなわち、段差Eは小さい方が好まし

い。セミ沿面放電は鋭角で電界の集中するセミ沿面接地電極12の上端縁12Bおよび下端縁12Aから火花が飛ぶと考えられるから、上端縁12Bおよび下端縁12Aから飛ぶ火花を絶縁碍子1の下端面1Dに近づけ、絶縁碍子1の表面に堆積したカーボンを焼き切る自己清浄作用を強めるためである。

【0022】( $B \leq 2.2$  (単位はmm)とする根拠) 図5はセミ沿面ギャップ(B)の距離Bと放電電圧との関係を示すグラフ図である。セミ沿面ギャップ(B)の距離Bと放電電圧との関係を評価するために、エンジンを使用してアイドリングからスコットルを全開してレーシングを行って、放電電圧を観察するアイドルレーシング試験を行った。なお、スパークプラグは、平行接地電極11を主体金具5の溶接部から切断了したものを使用した。また、使用エンジンは直列4気筒1.6リッターである。セミ沿面ギャップ(B)の距離Bが2.2mmを超えると放電電圧が25KVを超え、セミ沿面接地電極12と中心電極2との間で放電が発生する前に、中心電極2から主体金具5の絶縁碍子1の脚長部1Bの根本近傍に飛火する、いわゆるフラッシュオーバーが発生する可能性がある。このため、セミ沿面ギャップ(B)の距離Bは2.2mm以下であることが必要である。

【0023】( $A \leq (0.8(B-C) + C)$ 、 $0.4 \leq C \leq (A - 0.1)$ 、(単位はmm)とする根拠) 図6は縦軸に主気中ギャップ(A)の距離A、横軸にセミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cをとり、主気中ギャップ(A)及びセミ沿面碍子ギャップ(C)での飛火率がそれぞれ50%となる点をプロットした飛火率50%のグラフ図である。飛火率の評価は、主気中ギャップ

(A)及びセミ沿面ギャップ(B)を観察できる窓を設けたチャンバー内にスパークプラグを装着して、飛火の方向を観察する机上試験によって行った。なお、「くすぶり」の状態のスパークプラグは、予め汎用エンジン等を用いて5~10MΩに絶縁抵抗値を低下させた試料を用意した。図中で直線101はセミ沿面ギャップ(B)における絶縁碍子1の下端面1Dの部分、即ち、セミ沿面ギャップ(B)の距離Bとセミ沿面碍子ギャップ

(C)の距離Cとの差( $B - C$ )が1.0mmの場合、直線101'は同じく( $B - C$ )が1.2mmの場合、101''は同じく( $B - C$ )が0.8mmの場合において、スパークプラグが「くすぶり」の状態ではない正常時に測定した飛火率50%の直線である。また、直線102はスパークプラグが「くすぶり」の状態での飛火率50%の直線である。なお、「くすぶり」の状態においてはセミ沿面ギャップ(B)の距離Bの大小にかかわらず、同じ直線で表される。従って、例えば、前述した

( $B - C$ )が1.0mmの場合には、直線101より左側の領域Aは正常時にもセミ沿面碍子ギャップ(C)で飛火する領域であり、直線101より右側の領域B

及びCCは正常時に主空中ギャップ(A)で飛火する領域である。一方、直線102より左側の領域AA及びBBは「くすぶり」時にセミ沿面碍子ギャップ(C)で飛火する領域であり、直線102より右側の領域CCは「くすぶり」時にも主空中ギャップ(A)で飛火する領域である。それ故、正常時に主空中ギャップ(A)で飛火し、「くすぶり」時にセミ沿面碍子ギャップ(C)で飛火する領域は2つの直線101、102に挟まれた領域BBである。

【0024】直線101は、 $C=A-0.8$ 、(単位はmm、以下同じ)で表され、直線102は、 $C=A-0.1$ 、で表されるから直線101、102に挟まれた領域BBは次の式(1)で表される。

$$A-0.8 \leq C \leq A-0.1 \quad \cdots (1)$$

また、前述した(B-C)を1.2mmとした場合のデータを直線回帰した直線101'は、 $C=A-0.96$ で表され、(B-C)を0.8mmとした場合のデータを直線回帰した直線101''は $C=A-0.64$ で表される。従って、この3種類の直線101、101'、101''を比較すると、セミ沿面ギャップ(B)を考慮した正常時の主空中ギャップ(A)での飛火率が50%以上となるためには、次の式(2)の条件が必要であることが分かる。

$$A \leq 0.8(B-C) + C \quad \cdots (2)$$

【0025】一方、セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cが余りに小さいと、いわゆる、ブレデリバリ汚損に弱いことが判明した。ブレデリバリ汚損(Pre delivery fouling)とは車の組立工場からディーラまでの間、新車を搬送する際に、極く短い距離ずつ何回も運転されるのでスパークプラグの温度が上昇せず「くすぶり」の状態になり、スパークプラグの絶縁抵抗が低下する汚損をいう。ブレデリバリ汚損を評価するため、JIS D 1606の低負荷適合性試験で規定されているように、 $-10^{\circ}\text{C}$ の低温試験室に自動車を置き、低速で数回寸動させる所定の運転パターンを1サイクルとして10サイクルの運転を行い、各サイクルの中程と終わりのスパークプラグの絶縁抵抗値を測定する方法が取られる。図7は、セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cの異なるスパークプラグでのブレデリバリ汚損テストのテスト例を示す。図中で、□は $C=0.4\text{mm}$ 、○は $C=0.6\text{mm}$ 、△は $C=0.8\text{mm}$ の2極セミ沿面スパークプラグでの絶縁抵抗測定値である。エンジンは直列6気筒2.5リッターを用いた。 $C=0.4\text{mm}$ では6サイクルでカーボンブリッジが発生し、放電不能となってエンジンストールに至っている。

【0026】図8は、上述のブレデリバリ汚損テストを何度か行い、カーボンブリッジが発生しエンジンストールに至りN/Gとなる大略の確率を、セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cを横軸に示したものである。図から明らかなようにセミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cが

0.4mmより小さくなるとN/Gとなる確率が急速に増加している。従って、セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cは単位をmmとして次の式(3)を満たすことが必要になる。

$$0.4 \leq C \quad \cdots (3)$$

式(1)及び式(3)の条件から、セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cは少なくとも次の式(4)を満たすことが好ましい。

$$0.4 \leq C \leq A-0.1 \quad \cdots (4)$$

【0027】( $E \leq +0.7$ 、好ましくは $E \leq +0.5$ 、

(単位はmm)とする根拠) 絶縁碍子1の下端面1Dとセミ沿面接地電極12の上端縁12Bとの段差Eは+0.7mm以下、好ましくは+0.5mm以下であると良い。ここで、+はセミ沿面接地電極12の端面12Cの上端縁12Bが絶縁碍子1の下端面1Dから下に離れる方向を意味する。これをテストするため、図2

(a)に示すような段差Eがー(マイナス)寸法のもものと、図4に示すような段差Eが+ (プラス)寸法のもものについて、前記のブレデリバリ汚損テストを実施した。使用エンジンは直列4気筒1.8リッターである。その結果、次の表1に示すテスト結果を得た。表中において、◎は12サイクルの運転後もスパークプラグが10MΩ以上の絶縁抵抗値を維持したものを示し、○は10サイクルの運転後もスパークプラグが10MΩ以上の絶縁抵抗値を維持したものを示し、△は絶縁抵抗値は10MΩ以下に低下したが、なお、10サイクルの運転が可能であったものを示し、×は8サイクルにてエンジンの始動が不能になったものを示す。

【表1】

E寸法	耐汚損性
-1.0	◎
-0.7	◎
-0.5	○
0.0	○
+0.2	○
+0.5	○
+0.7	△
+1.0	×

本テストにおいて10サイクルの運転が可能となるためには、上記の表1から明かなように、段差Eは+0.7mm以下( $E \leq +0.7$ )であれば良く、+0.5mm以下( $E \leq +0.5$ )が好ましい。段差Eが+0.7mmより大きくなるとブレデリバリ耐汚損性が低下するのは、段差Eが大きくなるとセミ沿面接地電極12からの火花が絶縁碍子1の下端面1Dから離れ、セミ沿面放電によりカーボンを焼き切る自浄作用が低下するためであると考えられる。

【0028】( $1.0 \leq H \leq 4.0$ 、(単位はmm)とする根拠) 第1に、中心電極2の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Hは1.0mm以上であること



(1.  $0 \leq H$ ) が好ましい。中心電極2の突き出し量Hが小さいスパークプラグでセミ沿面接地電極12からのセミ沿面放電が生ずると、その火花は中心電極2の側周面2Aのうち絶縁碍子1の下端面1Dの近傍に集中し、この近傍が消耗する。中心電極2の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Hが1.0mm以上である場合には、図9(a)に示すように、中心電極2の側周面2Aがくびれるように消耗する。しかし、中心電極2の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Hが1.0mm未満であると、図9(b)に示すように、中心電極2の端面に向かって徐々に細くなるように消耗する。

【0029】ここで、中心電極2の側周面2Aの消耗量の最大値を $\Delta d$ とする。1スパーク当たりに消耗する電極の体積はほぼ一定であると考えられているため、図9(b)に示すように消耗した場合の最大消耗量 $\Delta d$ は図9(a)に示すように消耗した場合の最大消耗量 $\Delta d$ より大きくなる。最大消耗量 $\Delta d$ と突き出し量Hとの関係を調べるため、突き出し量Hの異なるスパークプラグを用意し、それぞれにセミ沿面接地電極12からのセミ沿面放電を $4 \times 10^7$ 回(4千万回)行って火花耐久性を調べた。その結果を図10に示す。図10から明らかに、突き出し量Hが0.5mmでは最大消耗量 $\Delta d$ は0.37mm、突き出し量Hが0.7mmでは最大消耗量 $\Delta d$ は0.33mm、突き出し量Hが1.0mmでは最大消耗量 $\Delta d$ は0.30mmであり、これ以上突き出し量Hを大きくしても最大消耗量 $\Delta d$ はほぼ一定となった。従って、最大消耗量 $\Delta d$ を小さくするため中心電極2の突き出し量Hは1.0mm以上であること(1.  $0 \leq H$ ) が好ましい。なお、本試験に使用したスパークプラグは、平行接地電極11を主体金具5との溶接面にて切断した試料を用いた。これによって、常にセミ沿面ギャップ(B)で飛火させて、消耗量を調べた。また、本試験は、主気中ギャップ(A)及びセミ沿面ギャップ(B)を観察できる窓を設けたチャンバー内に前述したスパークプラグを装着して机上試験によって行った。試験を行った点火装置には、火花放電エネルギー約70mJの一般的なフルトランジスタ式点火装置を用いた。

【0030】次に、中心電極2の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Hは4.0mm以下であること( $H \leq 4.0$ ) が好ましい。この理由は2つある。第1の理由は主気中ギャップ(A)での放電とセミ沿面ギャップ(B)での放電とによる着火性に余り大きな乖離を出さないためである。図11は中心電極2の主体金具5の端面5Dからの出寸法を一定にした場合における、中心電極2の突き出し量Hと着火限界となる空燃比(A/F)との関係を示すグラフ図である。着火限界となる空燃比(A/F)は失火率が1%となる空燃比(A/F)で示した。曲線103は主気中ギャップ(A)でのスパークによる着火限界空燃比を示し、曲線104はセミ沿面ギャップ(B)でのスパークによる着火限界空燃比を示す。

使用したエンジンは直列6気筒2リッターのものであり、700rpmのアイドル運転で測定した。また、スパークプラグの中心電極2の主体金具5の端面5Dからの出寸法(F+H)は6.0mmであり、セミ沿面ギャップ(B)の距離Bは1.7mmとした。主気中ギャップ(A)での主放電では本質的に中心電極2の突き出し量Hの影響を受けないため、曲線103は平坦な直線を示す。これに対してセミ沿面放電での放電では突き出し量Hの増加に伴い火花位置が燃焼室の壁面に近づいてくるから着火性が低下し、曲線104は右肩下りの曲線を示す。主放電での着火性とセミ沿面放電での着火性とに大きな乖離があると、主気中ギャップ(A)での放電からセミ沿面ギャップ(B)での放電に切り替わった際にエンジンのトルクに変動を生じ好ましくない。着火性の乖離を許容範囲に止めるため、中心電極2の突き出し量Hは4.0mm以下であること( $H \leq 4.0$ ) が好ましい。

【0031】第2の理由は中心電極2の過熱によるブレイグニッションを防ぐためである。図12は中心電極2の突き出し量Hと中心電極2の温度との関係を示すグラフ図である。絶縁碍子1の突き出し量Fは3.0mmであり、熱価5番のスパークプラグを用いた。中心電極2の突き出し量Hが大きくなると絶縁碍子1による熱引きが悪くなり中心電極2の先端の温度が高くなる。突き出し量Hが5.0mmになると中心電極2の先端の温度は850°Cを超え、ブレイグニッションの可能性が出てくる。従って、中心電極2の突き出し量Hは4.0mm以下であること( $H \leq 4.0$ ) が好ましい。以上述べた理由により、中心電極2の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Hは、1.  $0 \leq H \leq 4.0$ 、(単位はmm)であることが好ましい。

【0032】次に本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。本実施の形態では、上記第1の実施の形態に比して中心電極2の先端部の形状以外は変更ないので説明を省略し、異なる部分のみ説明する。図13はスパークプラグの中心電極2'、平行接地電極11、セミ沿面接地電極12の近傍を拡大して示す部分断面図である。中心電極2'の先端径は絶縁碍子1の下端面1Dから突出した根本部分に比べて縮径されている。中心電極2'の先端径をD1、元径をD2とする。縮径された中心電極2'の先端部は白金合金からなるチップ21がレーザー溶接により接合されて構成されている。なお、本実施の形態では中心電極2'の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Hを2.0mmとし、中心電極2'が縮径を始める始点22の絶縁碍子1の下端面1Dからの突き出し量Jを0.6mmとした。

【0033】(0.4  $\leq D1 \leq 1.6$ 、(単位はmm)とする根拠) 中心電極2'の先端径D1は0.4mm以上であり1.6mm以下であることが好ましい。先端径D1は0.4mmより小さいと、中心電極2'の先端部



分に白金合金やイリジウム合金を用いても火花による電極消耗が大きくなり実用的でなくなる。

【0034】図14は中心電極先端径D1と主気中ギャップ(A)でのスパーク確率との関係を示すグラフ図である。曲線105は「くすぶり」時ではない正常時の主気中ギャップ(A)でのスパーク確率を示している。スパークプラグには中心電極の元径D2が2.6mm、主気中ギャップ(A)の距離Aが1.1mm、セミ沿面ギャップ(B)の距離Bが1.4mmのものを用いた。中心電極2'の径が大きくなるに従って放電電圧が増加するため、正常時には中心電極先端径D1が1.6mmを超すと主気中ギャップ(A)でのスパーク確率が100%から下がり、放電するギャップの場所が主気中ギャップ(A)かセミ沿面ギャップ(B)か不安定になる。以上の理由により中心電極2'の先端径D1は0.4mm以上1.6mm以下であること(0.4 ≤ D1 ≤ 1.6)が好ましい。

【0035】(D1 + 0.3) ≤ D2、(単位はmm)とする根拠)「くすぶり」時にはセミ沿面ギャップ(B)で飛火し、正常時には主気中ギャップ(A)で安定して飛火するためには、中心電極2'の根本部分の中心電極元径D2は先端径D1より太い方がよい。また、中心電極元径D2が太い方が中心電極先端部からの熱引きが良くなり中心電極先端部の過熱を防ぐ。このため、中心電極元径D2は(中心電極先端径D1 + 0.3mm)より大であることが好ましいと判断した。中心電極元径D2の上限は絶縁碍子1の下端付近で絶縁のため必要とされる絶縁碍子1の厚さにより必然的に決められる。

【0036】(2.0 ≤ D2、(単位はmm)とする根拠)中心電極の先端部の過熱を更に効果的に防止すると共に、セミ沿面ギャップ(B)において放電した場合における中心電極の消耗を抑制するためには、中心電極元径D2を太くすることが望ましい。また、中心電極元径D2を太くすることで電界の集中が緩和されることから、正常時におけるセミ沿面ギャップ(B)への火花発生割合を低減することができる。これをテストするため、主気中ギャップ(A)の距離Aを1.0mm、セミ沿面放電ギャップ(B)の距離Bを1.5mm、セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cを0.5mmとし、中心電極元径D2を種々変化させた試料を用いて、エンジンに装着し、6000rpm×WOT(全開)耐久試験を行った後の中心電極側面の消耗量の最大値Δdによって評価を行った。なお、使用したエンジンは直列6気筒2リッターであり、試験条件は6000rpm×WOT(スロットル全開)400時間である。また、試験を行った点火装置には、火花放電エネルギー約70mJの一般的なフルトランジスタ式点火装置を用いた。その結果、次の表2に示すテスト結果を得た。表中において、◎は最大消耗量Δdが0.35mm未満のものを示し、○は

最大消耗量Δdが0.35mm以上0.5mm以下のものを示し、△は最大消耗量Δdが0.5mmを超えるものを示す。

【表2】

D2寸法	最大消耗量Δd
1.5	△
1.75	○
2.0	◎
2.25	◎
2.5	◎

上記の表2から明らかなように、中心電極元径D2は2.0mm以上(2.0 ≤ D2)であることが好ましい。中心電極元径D2が太くなると中心電極消耗量の最大値Δdが減少するのは、1スパーク当たりに消耗する電極の体積はほぼ一定であると考えられていることと、中心電極元径D2を太くすることで電界の集中が緩和されることから、セミ沿面ギャップ(B)への火花発生割合を低減することができるためであると考えられる。

【0037】次に本発明の第3および第4の実施の形態について図面を参照して説明する。本実施の形態では、上記第1及び第2の実施の形態に比してセミ沿面接地電極12の形状以外は変更ないので説明を省略し、異なる部分のみ説明する。図15はスパークプラグの中心電極2、平行接地電極11、セミ沿面接地電極12'及び主体金具5下端の近傍を拡大して示す第3実施形態の部分断面図である。セミ沿面接地電極12'は直棒状に形成されており、その側面が主体金具5の下端面5Dに抵抗溶接されている。また、図16はスパークプラグの中心電極2、平行接地電極11、セミ沿面接地電極12'及び主体金具5下端の近傍を拡大して示す第4実施形態の部分断面図である。主体金具5の下端部に内径側に膨出した膨出部5Eが形成されることにより、下端面5Dが幅広状に形成されており、絶縁碍子1との間で補助ギャップ(K)が設けられている。そして、その幅広状に形成された下端面5Dに直棒状のセミ沿面接地電極12'が抵抗溶接されている。このように形成することによって、セミ沿面接地電極12'を主体金具端面の接合部の極く近傍において中心電極2側に向けて略し字状に折り曲げる必要がないため、折れや割れ等の製造上の不具合を生じない。

【0038】(総合テスト)本発明に係るスパークプラグの効果をテストするため、一般のスパークプラグ(形式PFR6G-11)と、セミ沿面スパークプラグ(形式BKR6EKUC)と、本発明に係る第1及び第2の実施の形態のスパークプラグを用いて「くすぶり」試験と「チャネリング」試験とを行った。「くすぶり」試験では、4サイクル汎用エンジンで単気筒440ccのものを、チョーク半開でアイドリング運転を行うという過酷な運転を行った。その結果、一般のスパークプラグでは5分間の運転で「くすぶり」のためエンジンスト

ールに至った。セミ沿面スパークプラグでは一般のスパークプラグより長時間の運転に耐えたが、それでも15分間の運転で「くすぶり」のためエンジンストールに至った。これに対して本発明に係る第1及び第2の実施の形態のスパークプラグでは20分間運転しても問題なく運転を続けた。セミ沿面スパークプラグよりも本発明に係るスパークプラグの方が良い理由は、本発明に係るスパークプラグでは正常時には主気中ギャップ(A)で飛火するため燃焼状態が良く、「くすぶり」の原因となる不完全燃焼を生ずる量が少ないからと考えられる。

【0039】「チャネリング」試験では、圧力0.8MPa(メガパスカル)の環境下でフルトランジスタ電源にて100Hzで100時間の連続スパーク耐久テストを行った。通常の燃焼室の点火直前の圧力は0.4MPa程度であるから、圧力は加重している。この結果、セミ沿面スパークプラグでは絶縁碍子の表面に大きなチャネリング痕が残し、その深さは最大0.4mmに達した。これに対して、一般のスパークプラグと本発明に係る第1及び第2の実施の形態のスパークプラグでは何らチャネリング痕が検出できなかった。

【0040】(その他の実施の形態)以上説明した各実施の形態ではセミ沿面接地電極12を2極としたが、セミ沿面接地電極は単極であっても良いし3極以上の多極としても良い。しかしながら、単極では絶縁碍子の端面の全周に渡って火花でカーボンを焼き切るのが難しく、火花清浄性が悪くなるので、セミ沿面接地電極は2極から3極が好ましいと考える。また、絶縁碍子の先端内部において中心電極の縮径(いわゆるサーモ)されていないスパークプラグについて説明したが、1段または2段以上に縮径されているスパークプラグであっても良い。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、主なる放電を行う平行接地電極の他に、絶縁碍子の下端面の近傍にセミ沿面接地電極を備えるものであるから、絶縁碍子の表面がカーボンで汚損された「くすぶり」時にはセミ沿面接地電極からのセミ沿面放電によりカーボンを焼き切る自己清浄作用を有し、なおかつ、主たる放電は平行接地電極で行われるから、「くすぶり」に極めて強く、高着火性を有し、「チャネリング」が殆ど発生せず長寿命であるという優れた効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係るスパークプラグの部分断面図である。

【図2】図2(a)は第1の態様のスパークプラグの電極近傍を拡大して示す部分断面図であり、図2(b)はセミ沿面接地電極12を拡大して示す説明図である。

【図3】第2の態様のスパークプラグの電極近傍を拡大して示す部分断面図である。

【図4】第3の態様のスパークプラグの電極近傍を拡大して示す部分断面図である。

【図5】セミ沿面ギャップ(B)の距離Bと放電電圧との関係を示すグラフ図である。

【図6】縦軸に主気中ギャップ(A)の距離A、横軸にセミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cをとり、主気中ギャップ(A)及びセミ沿面碍子ギャップ(C)での飛火率がそれぞれ50%となる点をプロットした飛火率50%のグラフ図である。

【図7】フレデリバリ汚損テストの測定例を示すグラフ図である。

【図8】セミ沿面碍子ギャップ(C)の距離Cとフレデリバリ汚損テストN/Cとの関係を示すグラフ図である。

【図9】図9(a)および図9(b)は、中心電極の消耗状態を示す説明図である。

【図10】中心電極の突き出し量Hと最大消耗量Δdとの関係を示すグラフ図である。

【図11】中心電極の突き出し量Hと着火限界となる空燃費(A/F)との関係を示すグラフ図である。

【図12】中心電極の突き出し量Hと中心電極の先端の温度とを示すグラフ図である。

【図13】第2の実施の形態に係るスパークプラグの電極近傍を拡大して示す部分断面図である。

【図14】中心電極先端径D1と主気中ギャップ(A)でのスパーク確率との関係を示すグラフ図である。

【図15】第3の実施の形態に係るスパークプラグの電極近傍を拡大して示す部分断面図である。

【図16】第4の実施の形態に係るスパークプラグの電極近傍を拡大して示す部分断面図である。

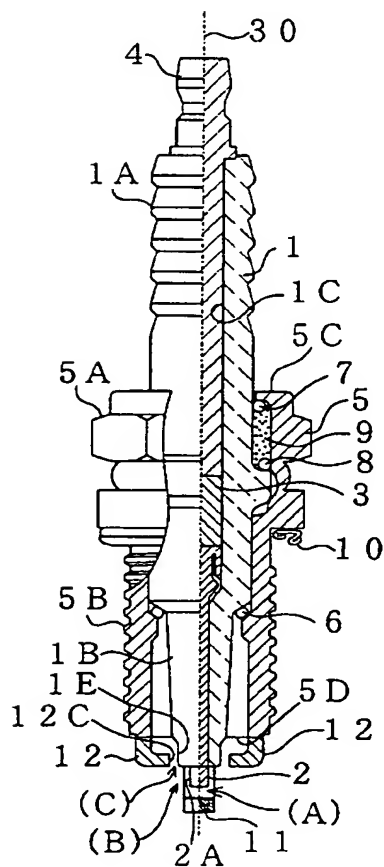
【符号の説明】

- 1 絶縁碍子
- 1D 絶縁碍子の下端面
- 1E 絶縁碍子の側周面
- 2 中心電極
- 2' 中心電極
- 2A 中心電極の側周面
- 5 主体金具
- 5D 主体金具の下端面
- 11 平行接地電極
- 12 セミ沿面接地電極
- 12' セミ沿面接地電極
- 12A 下端縁
- 12B 上端縁
- 12C セミ沿面接地電極の端面
- 30 中心軸
- 31 第1の延長線
- 32 第2の延長線
- 33 第3の延長線
- (A) 主気中ギャップ
- A 主気中ギャップの距離
- (B) セミ沿面ギャップ

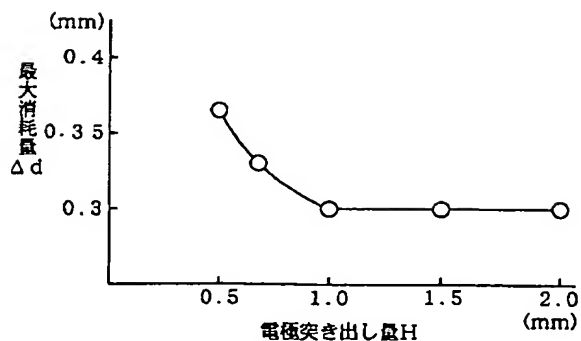
- B セミ沿面ギャップの距離  
 (C) セミ沿面碍子ギャップ  
 C セミ沿面碍子ギャップの距離  
 D1 中心電極先端径  
 D2 中心電極元径

- E 段差  
 F 絶縁碍子の突き出し量  
 H 中心電極の突き出し量  
 P1 第1および第2の延長線の交点  
 P2 第1および第3の延長線の交点

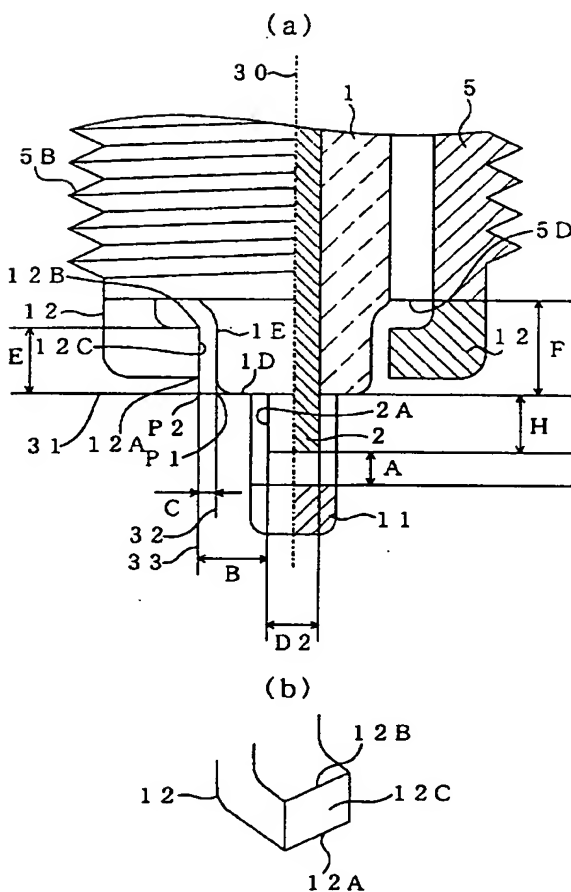
【図1】



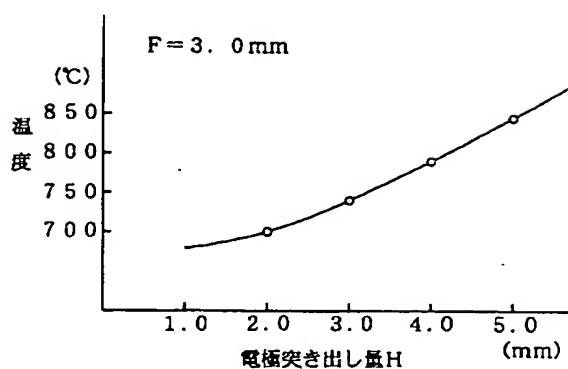
【図10】



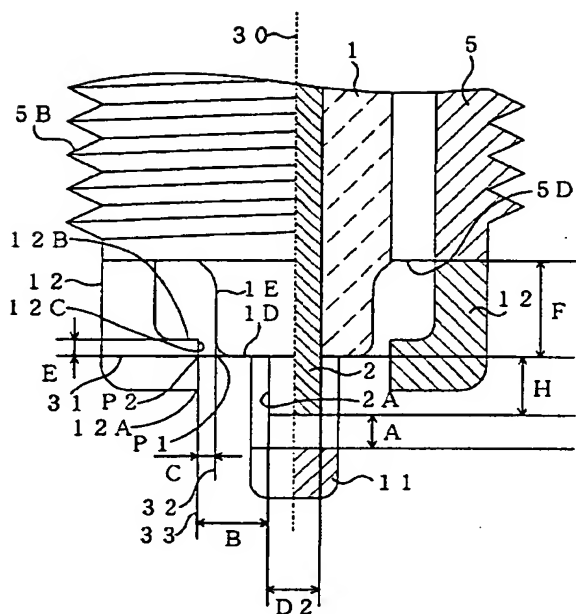
【図2】



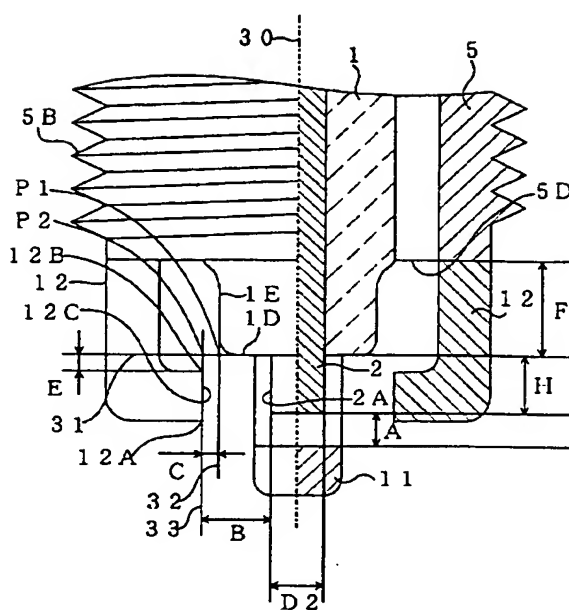
【図12】



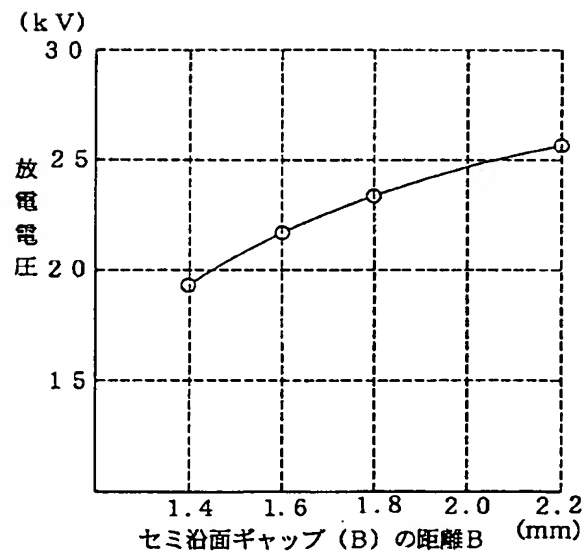
【図3】



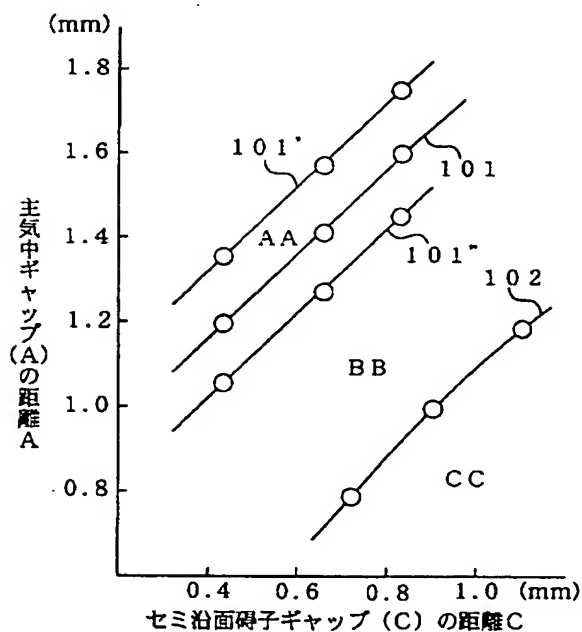
【図4】



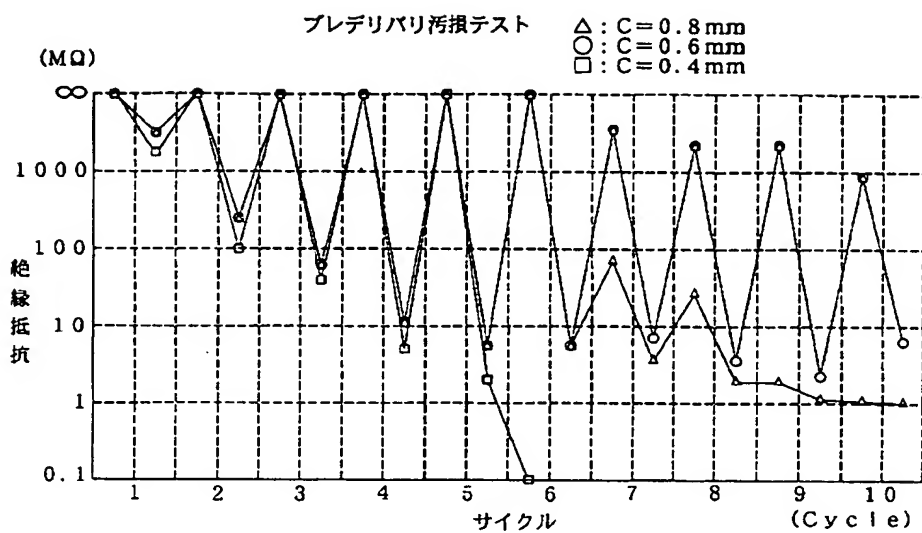
【図5】



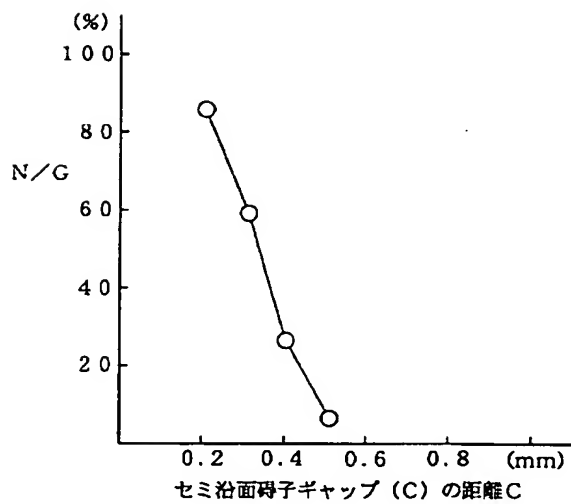
【図6】



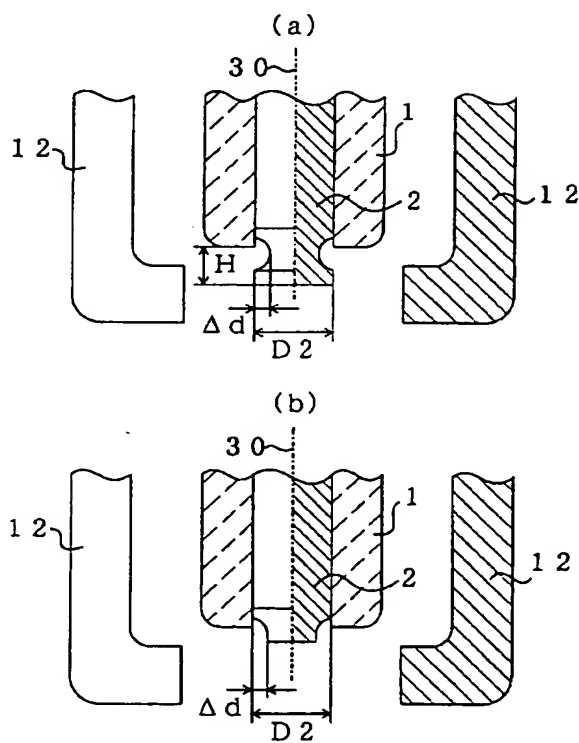
【図7】



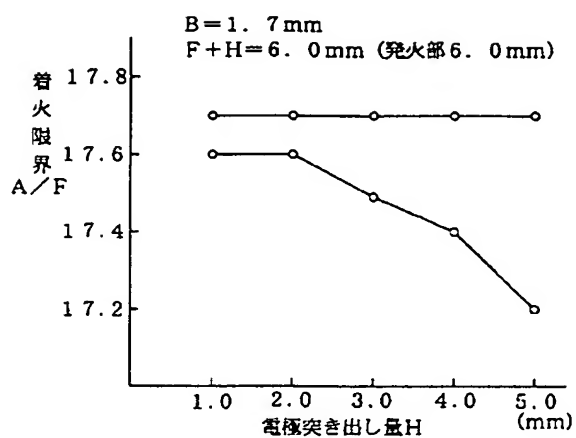
【図8】



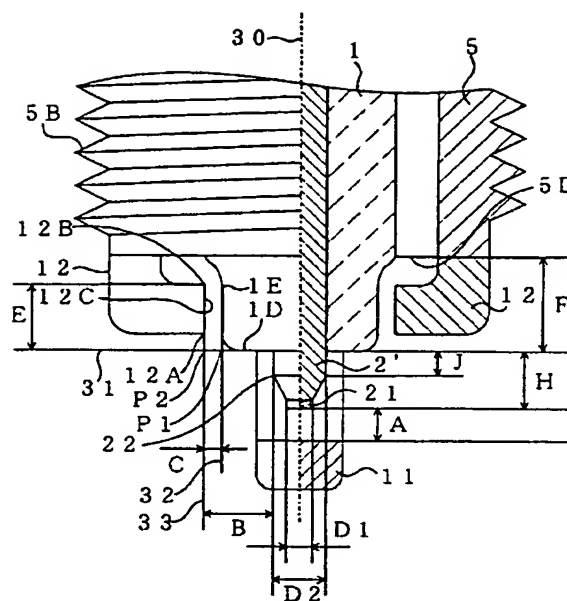
【図9】



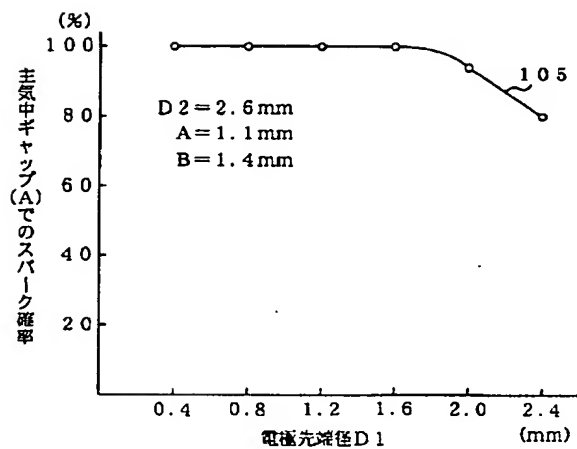
【図11】



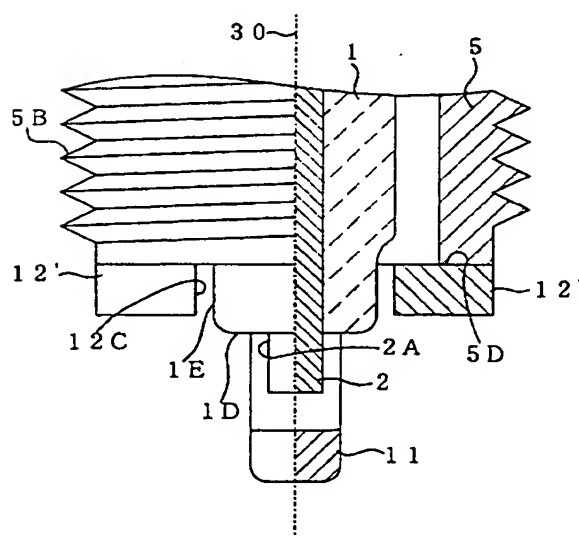
【図13】



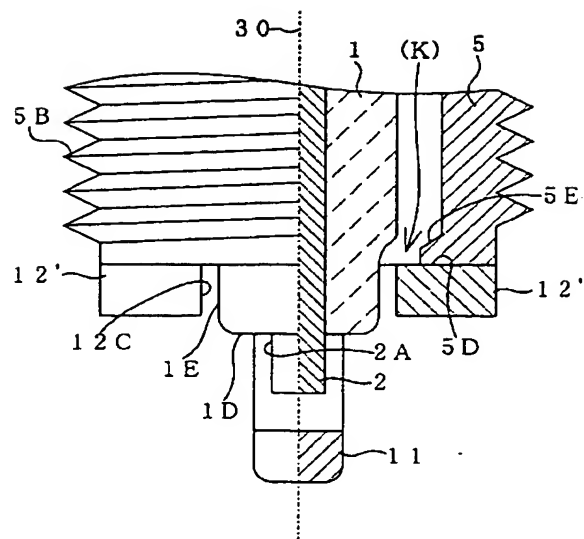
【図14】



【図15】



【図16】





**THIS PAGE BLANK (USPTO)**